MAGNETISKA SUSCEPTIBILITETEN HOS KVARTS, TELLUR OCH NÅGRA HOLMIUMFÖRENINGAR

AKADEMISK AVHANDLING

AV

GILLIS WISTRAND

UPPSALA 1916
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

MAGNETISKA SUSCEPTIBILITETEN HOS KVARTS, TELLUR OCH NÅGRA HOLMIUMFÖRENINGAR

AKADEMISK AVHANDLING

SOM MED TILLSTÅND AV

VITTBERÖMDA FILOSOFISKA FAKULTETENS I UPPSALA

MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA SEKTION

FÖR FILOSOFISKA DOKTORSGRADENS VINNANDE

TILL OFFENTLIG GRANSKNING FRAMSTÄLLES

AV

GILLIS WISTRAND

FIL. LIC. AV SÖDERMANLAND-NERKES NATION

Å FYSISKA LÄROSALEN

LÖRDAGEN DEN 14 OKTOBER 1916 KL. 10 F. M.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

UPPSALA 1916

ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

Förord.

De undersökningar, som i denna avhandling publiceras, hava utförts på Uppsala universitets fysiska institution.

Till institutionens prefekt, Herr Professor G. Granqvist, ber jag få framföra ett vördsamt tack för såväl uppslaget till dessa arbeten som ock för den hjälp och de många råd, han med ständigt intresse stått mig bi. Likaledes tackar jag honom för den beredvillighet, med vilken han städse låtit mig låna och använda de apparater, som varit behövliga för arbetets utförande.

De holmiumföreningar, som jag undersökt, har jag erhållit av Docenten Otto Holmberg. Utan tanke på eget besvär har han ständigt med största tillmötesgående framställt de olika preparat, jag önskat, och därvid ej heller tvekat inför möjligheten att få de ytterst dyrbara preparaten mer eller mindre förstörda. För detta ber jag till honom få frambära mitt varma tack.

Uppsala i september 1916.

Gillis Wistrand.

Innehållsförteckning.

Sid.

I. Historik och inledning 1
II. Försöksanordningar.
1) Försöksmetod 9
2) Anordning för magnetfältets erhållande och för uppmätning av dess styrka 11
3) Anordning för bestämning av galvanometerns ballistiska konstant 16
4) Anordning för vägningarna 17
5) Anordning för uppmätning av elektriskt ledningsmotstånd 19
III. Uppmätning av några konstanter.
1) Normalspolens induktionskoefficient 21
2) Den för uppmätning av magnetfältet avsedda glasskivans bredd 22
3) Provens genomskärningsyta 22
IV. Undersökningsmaterialet 25
V. Mätningar 27
1) Kvarts 29
2) Tellur 36
3) Absoluta bestämningar på mangansulfid, vatten och lösningar av holmiumsalter 40
4) Holmiumoxid 46
5) Ferrihydrat, järnoxid och brunsten 52
VI. Diskussion och sammanfattning 53

I. Historik och inledning.

År 1905 publicerade P. Langevin[1] sin teori för magnetismen. Han utgick från Ampères och Webers idéer om elektriska strömmar i kropparnas inre samt sökte med tillhjälp av dessa och elektronernas tillvaro förklara de olika magnetiska fenomenen.

Teorien stämmer väl med de resultat P. Curie[2] kommit till genom sina undersökningar. Hos diamagnetiska kroppar kom Langevin sålunda till ett uttryck för susceptibiliteten, enligt vilket denna skulle vara oberoende av temperatur och fältstyrka.

Enligt den Curie'ska lagen skall hos paramagnetiska kroppar susceptibiliteten vara omvänt proportionell mot den absoluta temperaturen. Langevin kom till följande uttryck:

$$C_m = \varkappa_m T = \frac{\sigma_{mo}^2}{3R},$$

i vilket C_m och $\varkappa_m$ betyda den Curie'ska konstanten och susceptibiliteten, båda hänförda till en grammolekyl, T den absoluta temperaturen och σ_{mo} det magnetiska momentet hos en grammolekyl vid absoluta nollpunkten. R är gaskonstanten i uttrycket $pv = RT$, hänfört till en grammolekyl.

Då Langevin'ska teorien endast gäller för dia- och paramagnetiska kroppar, försökte Pierre Weiss[3] att bygga vidare

[1] P. Langevin, Ann. Chim. Phys. T. V, p. 70, 1905.
[2] P. Curie, Ann. Chim. Phys. T. V, p. 289, 1895.
[3] P. Weiss, Phys. Zeitschr. 9, p. 358, 1908.

på densamma för att därigenom bringa reda i de ferromagnetiska fenomenen. Han lyckades i stort sett få god överensstämmelse mellan teori och experiment, men i flera fall visade sig avvikelser från de härledda formlerna. Med anledning härav gjorde Weiss tillsammans med Kamerlingh Onnes[1] några bestämningar av det magnetiska momentet hos gramatomen hos några ferromagnetiska metaller vid mycket låga temperaturer. De erhållna värdena visade sig därvid vara multipler av ett visst värde, nämligen 1123,5, på grammolekylens moment vid absoluta nollpunkten. Denna alikvot kallar Weiss grammagneton.

Weiss antog, att de diamagnetiska atomerna bevarade sina diamagnetiska egenskaper, då de ingingo förening med magnetiska atomer. Huvudsakligen av Pascals undersökningar erhöll han uppgifter på ett flertal atomers och atomgruppers magnetiska koefficienter. Med tillhjälp av dessa och av olika forskares bestämningar av susceptibiliteten hos flera olika metallers föreningar, såväl fasta som i lösning, beräknade han antalet magnetoner hos dessa metaller. Nästan i varje fall fann han, att 1123,5 var jämnt delbart i σ_{mo} på en relativt liten storhet när. Han fann också, att samma metall under olika förhållanden kunde hålla olika många magnetoner.

I Annalen der Physik, andra häftet 1916, sid. 149, har R. Gans publicerat en uppsats, "Statistische Theorie des Dia-, Para- und Metamagnetismus", vari han söker påvisa ohållbarheten av de Langevin-Weiss'ska teorierna. Särskilt de metamagnetiska egenskaperna, som påvisats av K. Overbeck,[2] anser han vara oförklarliga med äldre teorier. Som stöd för sin teori anför han bl. a. resultaten av K. Hondas[3] undersökningar på en del diamagnetiska kroppar, hos vilka suscepti-

[1] P. Weiss, Arch. des sciences phys. et nat. 31, p. 413, 1911.
[2] K. Overbeck, Ann. d. Phys. 46, p. 677, 1915.
[3] K. Honda, Ann. d. Phys. 32, p. 1027, 1910.

biliteten avtog algebraiskt med stigande fältstyrka. Honda själv antog detta bero på närvaro av järn i preparaten, vilket Gans förklarar vara oriktigt. Enligt hans teori minskas kropparnas para- och ökas deras diamagnetiska egenskaper med stigande fältstyrka.

Att här göra en sammanställning av de resultat, som undersökningarna av olika ämnens magnetiska egenskaper lett till, skulle bliva allt för vidlyftigt. Jag vill endast omnämna några allmänna erfarenheter, till vilka man trott sig komma, angående de magnetiska konstanterna.

Sålunda har man hos de diamagnetiska ämnena funnit, att susceptibiliteten ($\varkappa$) endast obetydligt varierar med temperaturen. Curie har sökt påvisa, att spec. susceptibiliteten ($\varkappa_s$) i allmänhet skall vara oberoende av denna. Metodernas noggrannhet har nog ofta varit för liten för att med säkerhet giva temperaturkoefficienternas storlek. Hos vatten t. ex. hade man på grund av äldre undersökningar av bl. a. du Bois och St. Meyer antagit temperaturkoefficienten vara omkring — 0,002. Weiss och Piccard bestämde den på nytt 1912 och funno den vara + 0,00013, vilket gällde vattnets susceptibilitet ($\varkappa_0$) hänförd till viktsenheten vid omkring 20° C. De paramagnetiska ämnena förhålla sig enligt Curie så, att $\varkappa$ är omvänt proportionell mot absoluta temperaturen. K. Hondas[1] undersökningar över elementens magnetiska förhållanden visa, att deras susceptibilitet med temperaturen kan till- eller avtaga eller vara konstant. Detta gäller för både para- och diamagnetiska ämnen.

För att finna i vilken mån $\varkappa$ förändras med fältstyrkan, måste man, om denna förändring är liten, också med stor noggrannhet känna fältstyrkornas inbördes storlek. Åsikterna hava också här stått mot varandra, då förändringarna ofta

[1] Honda, Ann. d. Phys. 32, 1910.

varit av samma storlek som de tillfälliga felens. Bland andra hava Königsberger,[1] St. Meyer[2] och Heydweiller[3] sysslat med dessa frågor. Deras undersökningar visa, att hos de paramagnetiska kropparna både till- och avtagande av susceptibiliteten med fältstyrkan förekomma. Hos de diamagnetiska ämnena anses den vara oberoende av fältstyrkan. Dock har K. Honda, som förut nämnts, hos en del element funnit ett algebraiskt avtagande av susceptibiliteten. Hos de flesta para- och diamagnetiska element fann han emellertid $\varkappa$ oberoende av fältstyrkan och ansåg järnföroreningar vara orsaken till $\varkappa$:s förändringar.

Att $\varkappa$ hos en lösning sammansättes av de ingående delarnas $\varkappa$ så, att man kan sätta

$$(m_1 + m_2)\varkappa = m_1\varkappa + m_2\varkappa$$

påvisades redan av Wiedemann. Meslin,[4] Königsberger[5] m. fl. hava konstaterat lagens giltighet för lösningar av diamagnetiska och svagare paramagnetiska ämnen. Om man antar, att i vattenlösningar vattnets susceptibilitet är konstant, finner man, att det upplösta ämnets susceptibilitet är en funktion av koncentrationen (Königsberger, Meslin). Så har bland andra Cabrera och Moles[6] funnit, att $\varkappa_s$ tilltar med koncentrationen. P. Philipp[7] har studerat några järnlösningar och funnit, att då koncentrationen avtager, $\varkappa_s$ först tilltager och sedan avtager.

Hur atom- och molekylarsusceptibiliteten förhåller sig hos ämnen, som med varandra ingå en kemisk förening, har stu-

[1] Königsberger, Wied. Ann. 66, p. 698, 1898.
[2] Meyer, Wied. Ann. 69, p. 236, 1899.
[3] Heydweiller, Ann. d. Phys. 12, p. 602, 1903.
[4] Meslin, Ann. d. Chem. Phys. VII, p. 145, 1906.
[5] Königsberger, Ann. d. Phys. 66, p. 718, 1898.
[6] Cabrera och Moles, Arch. des sc. phys. et nat. 35, p. 425, 1913.
[7] Philipp, Beiblätter, p. 1467, 1915.

derats av ett flertal forskare, bland andra: Liebknecht och Wills,[1] St. Meyer[2] och Pascal. I flera fall har man här kunnat påvisa ett visst samband mellan ämnenas kemiska och magnetiska egenskaper. Pascal[3] har angivit en del neg. radikalers molekylarsusceptibilitet.

Bland ämnesgrupper, som särskilt tilldragit sig uppmärksamhet, märkes de sällsynta jordarterna. Redan 1880 påvisade K. Ångström[4] hos en del sällsynta jordarter deras starkt utpräglade magnetiska egenskaper. Sedermera hava de studerats av Liebknecht och Wills, du Bois och Liebknecht, St. Meyer och särskilt under senare tid av Urbain. Då dessa jordarter äro synnerligen svåra att separera, äro en del äldre uppgifter, som härstamma från undersökningar, gjorda på orena preparat, alldeles felaktiga. Allt eftersom man lyckades framställa renare preparat, visade det sig, att jordarternas oxider och salter hade magnetiska konstanter, som voro särskilt karakteristiska. Då de kemiska egenskaperna och atomvikterna endast obetydligt skilja sig från varandra, visa däremot deras magnetiska susceptibilitet mycket stora skillnader. Tabell 1, som delvis är uppställd efter uppgifter av Urbain och Jantsch[5] och St. Meyer,[6] visar, hur $\varkappa_s$ varierar med atomvikten.

[1] Liebknecht och Wills, Ann. d. Phys. 1, p. 178, 1900.
[2] Meyer, Wied. Ann. 69, p. 248, 1899.
[3] Pascal, C. R., 158, p. 37, 1914.
[4] Nilson och Petterson, Chem. Ber. 13, p. 1465, 1880.
[5] Urbain och Jantsch, C. R. 147, p, 1286, 1908.
[6] Meyer, Wien. Monatshefte 29, p 1017, 1908.

Tabell 1.

Element	Neodym	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Disprosium	Holmium	Erbium	Tulium	Neoytterbium	Lutetium	Keltium	Yttrium
Atomvikt	144,3	150,4	152	157,3	159,2	162,5		164,7	169,4	172,9	174,23		89
$\varkappa_s \cdot 10^6$	33,5	6,5	33,5	161	237	290				46,4	9,55	4,1	— 0,14

Urbain[1] har påvisat möjligheten av en på dessa egenskaper grundad magnetisk analys. Han har också med tillhjälp av magnetiska undersökningar på sina jordartsfraktioner lyckats upptäcka ett nytt grundämne tillhörande denna grupp. Han har kallat det keltium[2] (Ct) och bestämt dess susceptibilitet till approximativt $4{,}1 \cdot 10^{-6}$.

Bland jordarter, vars susceptibilitet man försöksvis bestämt på orena preparat, hör särskilt holmium, som i avseende på atomvikten ligger något över disprosium. Då susceptibiliteten stiger med atomvikten i serien upp till disprosium, men vid en del högre atomvikter visar ett avtagande, hade man i närheten av disprosium väntat sig ett maximum. Om holmium, som ligger närmast disprosium, skulle ligga på den stigande eller fallande delen av kurvan, har man tack vare bristen på någorlunda rent material ej kunnat sluta sig till. Då sålunda Docenten O. Holmberg erbjöd mig att få undersöka hans renaste preparat av holmium, mottog jag med tacksamhet hans erbjudande.

På kvarts finnas en del bestämningar, som anföras i tabell 2.

[1] Urbain, C. R. 150, p. 913, 1910.
[2] Urbain, C. R. 152, p. 141, 1911.

Tabell 2.

Forskare	prep.-form	Fältstyrka gauss	Metod	$-\varkappa \cdot 10^6$
Curie[1]	hex. prisma	50—1350	vridvåg	1,17
Königsberger[2] . .	kvartsplatta	1800—2200	rel. mot vatten	1,20
Meyer[3]		10000	vägn. rel. mot vatten	0,086
Voigt, Kinoshita[4]	liten kristall	1500—3500	vridvåg	1,23

Königsberger hade förut bestämt vattnets susceptibiltet och funnit den vara $-0{,}800 \cdot 10^{-6}$ mot luft. St. Meyer, som likaledes använt en relativ metod, hade för vatten funnit $-0{,}67 \cdot 10^{-6}$.

Även om man bortser från St. Meyers värde, skilja sig de övriga på flera procent. Osäkerheten kan ha sin grund i provens litenhet och i bristfälliga bestämningar av det magnetiska fältet. Att göra om dessa bestämningar på klara kvartspreparat av stora dimensioner kunde sålunda vara av intresse.

Ur Winkelmanns Handbuch der Physik anför jag följande uppgifter på tellur.

$-\varkappa \cdot 10^6$	Forskare:
1,6	Ettingshausen
1,9	Curie
2,1	Königsberger
0,6	St. Meyer

[1] Curie, Ann. Chim. Phys. V, p. 289, 1895.
[2] Königsberger, Ann. d. Phys. 66, p. 698, 1898.
[3] Meyer, Ann. d. Phys. 69, p. 239, 1899.
[4] Voigt och Kinoshita, Ann. d. Phys. 24, p. 508, 1907.

Också här finnas betydande avvikelser i uppgifterna. Tellurens struktur förändras med tiden. Denna förändring kan påskyndas genom uppvärmning till lämplig temperatur. Härvid förändras dess elektriska ledningsförmåga i hög grad, och frågan, om detsamma kunde vara förhållandet med dess magnetiska egenskaper, föranledde en del bestämningar på densamma.

Om man skall undersöka susceptibiliteten hos en kemisk förening, som är ett pulver, kan resultatet utfalla olika beroende på det sätt, på vilket föreningen blivit framställd. De bestämningar, jag utfört på en del preparat från Kahlbaum, kunna sålunda ej göra anspråk på något större intresse. De ha också föranletts av behovet — vid bestämningarna på Ho_2O_3 — av en jämförelsesubstans, som kunde erhållas i tillräcklig mängd för att på densamma kunna göra en absolut bestämning med mina anordningar.

Under de sista åren hava noggranna mätningar av vattnets susceptibilitet gjorts av P. Seve[1] samt Weiss och Piccard. En nybestämning på vatten har således intresse endast i det fall, att man kan driva densamma till högsta precision. Då jag här kommer att meddela några av mig funna värden på vatten, har detta endast skett i syfte att få några jämförelsepunkter med andras absoluta bestämningar.

P. Weiss och A. Piccard[2] ha vid sina undersökningar funnit för vatten vid 20°

$$\varkappa_s = -0{,}7193 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Temperaturkoefficienten vid rumstemperatur ange de vara $+ 0{,}00013$.

[1] Seve, Ann. Chim. Phys. 27, p. 189, 1912.
[2] Weiss och Piccard, C. R. 155, p. 1234, 1912.

II. Försöksanordningar.

1. Försöksmetod.

För bestämning av ett ämnes susceptibilitet har man använt ett flertal olika metoder.[1] I detta fall var metoden med cylinder på förhand given genom den form, i vilken en del av undersökningsmaterialet förefanns. Härvarande Fysiska institution innehade nämligen ett par väl arbetade stora kvartscylindrar av klar kristall.

Cylindern placeras så, att dess ena ända når in i ett homogent magnetfält, medan den andra befinner sig så långt utanför, att fältet där är litet i förhållande till det homogena fältet. Då $\varkappa = \frac{I}{H}$, där I är magnetiseringsintensiteten, kan man sätta, vid en liten förskjutning dx av cylindern längs dess axel,

$$F dx = \varkappa \frac{H^2 - H_1^2}{2} S dx,$$

där F är kraften, S cylinderns genomskärningsyta samt H och H_1 styrkan av magnetfältet i de båda punkter, där cylinderns ändar befinna sig.

Kraften, som verkar på cylindern, kompenseras med en vikt P, om mätningen sker medelst vägning, och man får

[1] En kritisk framställning av olika metoder återfinnes i P. Sève's avhandling över vattnets susceptibilitet i Ann. Chim. Phys. 27, p. 189, 1912.

$$\varkappa = \frac{2\,Pg}{S(H^2 - H_1^2)}, \tag{1}$$

där g är jordaccelerationen. Tas hänsyn till den omgivande luftens susceptibilitet $\varkappa^0$. blir

$$\varkappa - \varkappa^0 = \frac{2\,Pg}{S(H^2 - H_1^2)}. \tag{2}$$

Metoden har använts av PASCAL,[1] ST. MEYER,[2] JÄGER,[3] och STEARNS[4] m. fl.

I det föregående har $\varkappa$ tänkts hänförd till volymsenheten av ett ämne. Utgår man i stället från viktsenheten och kallar susceptibiliteten i detta fall $\varkappa_s$, så blir, om ämnets specifika vikt är ϱ, den specifika susceptibiliteten

$$\varkappa_s = \frac{\varkappa}{\varrho}. \tag{3}$$

Hos pulverformiga ämnen hänföres i allmänhet susceptibiliteten till viktsenheten. Man får vid svagt paramagnetiska och diamagnetiska pulver vid beräkningen skilja mellan dess skenbara (ϱ_1) och verkliga (d_1) specifika vikt. Göres en bestämning i förhållande till vatten, där vattnets susceptibilitet kallas $\varkappa_0$ och krafterna för P_1 och P_0 för pulvret och vattnet respektive, erhålles

$$\varrho_1 \left(\varkappa_{s_1} - \frac{\varkappa^0}{d_1}\right) = \frac{P_1}{P_0}(\varkappa_0 - \varkappa^0)$$

eller

$$\varkappa_{s_1} = \frac{\varkappa^0}{d_1} + \frac{P_1}{P_{11}} \cdot \frac{\varrho_{11}}{\varrho_1}\left(\varkappa_{s_{11}} - \frac{\varkappa^0}{d_{11}}\right), \tag{4}$$

[1] PASCAL, C. R. 150, p. 1054, 1910.
[2] MEYER, Wied. Ann. 69, p. 236, 1899.
[3] JÄGER, Wien. Ber. 108, p. 261, 1899.
[4] STEARNS, Phys. Rev. XVI, p. 1, 1903.

om som jämförelsesubstans tages ett pulver med känd susceptibilitet, och vars $\varkappa_s$, ϱ, d och P erhålla index $_{11}$.

Vid relativa mätningar behöver endast kraften (P) bestämmas för provet och jämförelsesubstansen, då H, H_1 och S äro konstanta. Vid absoluta mätningar skall H och H_1 bestämmas, varav H med stor noggrannhet. S bör likaledes vara noga känd samt konstant efter hela cylinderns längd, och i synnerhet efter den del, som kommer att befinna sig där, varest fältet varierar starkast.

Bestämningen av kraften P har gjorts medelst vägning, och fältstyrkans uppmätning har skett med en ballistisk metod.

2. Anordning för magnetfältets erhållande och för uppmätning av dess styrka.

Det magnetiska fältet har åstadkommits medelst en Rühmkorffs elektromagnet, som var uppställd under den hylla, på vilken vågen var placerad. De till elektromagneten hörande genomborrade polskorna borttogos och ersattes med andra för ändamålet lämpliga. Det gällde att här få ett så stort homogent fält som möjligt med tämligen stor fältstyrka. Efter åtskilliga försök med olika formade polskor befunnos de lämpligaste vara plana, rektangulära plattor av storleken $6 \times 10{,}5$ cm. Med dessa kunde jag få ett fält, som inom ett område av 2×4 cm. icke varierade mer än några pro mille. Som plattornas långsidor voro horisontella, kunde jag med lätthet se till, att provets nedre del alltid befann sig i det homogena fältet. Vid 18 ampères ström var magnetfältet omkring 3200 gauss. Redan vid denna strömstyrka uppvärmdes elektromagneten något, och strömmen var svår att hålla konstant. Genom att omkasta strömmen upprepade gånger med minskad strömstyrka erhölls ett gott nollfält. Avståndet mellan polskorna var omkring 3 cm. och varierade något beroende på,

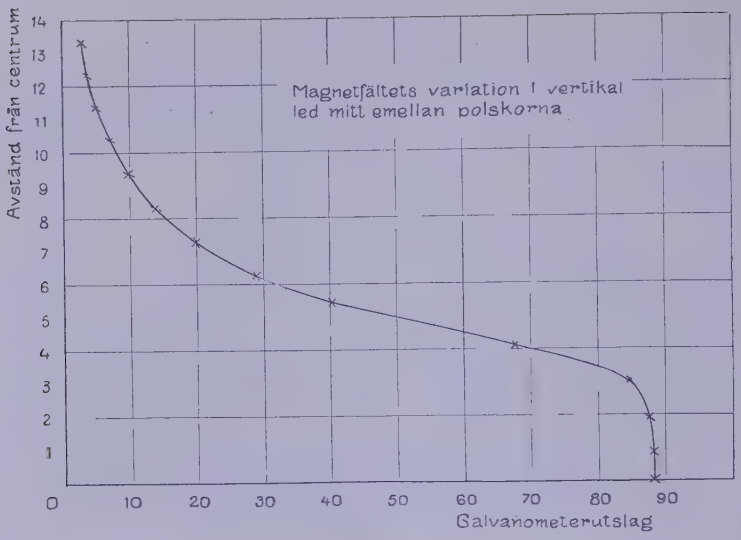
Avstånd från centrum
Magnetfältets variation i vertikal led mitt emellan polskorna
Galvanometerutslag
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

Fig. 1.

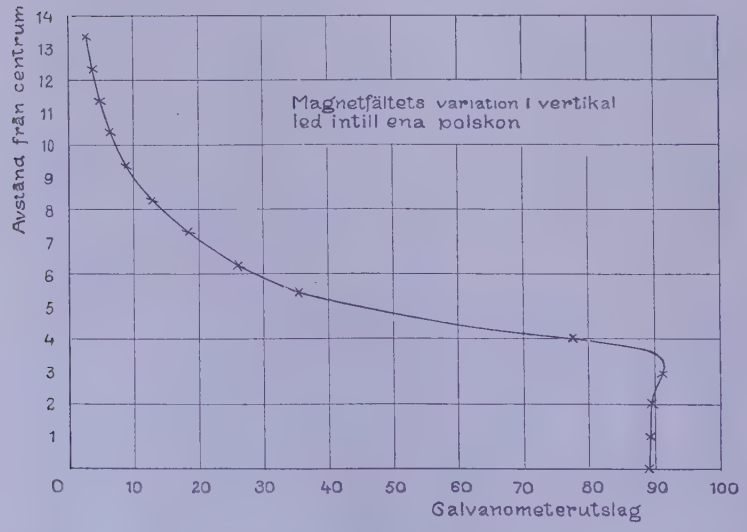
Avstånd från centrum
Magnetfältets variation i vertikal led intill ena polskon
Galvanometerutslag
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

Fig. 2.

hur jag för tillfället hade anordnat. Fältstyrkans variation med avståndet från mitten framgår av vidstående kurvor (fig. 1 och 2).

Av fig. 3 framgår kopplingen för elektromagnetens matning.

Vid den, för bestämningen av det magnetiska fältets styrka, använda ballistiska metoden betjänade jag mig av en för ända-

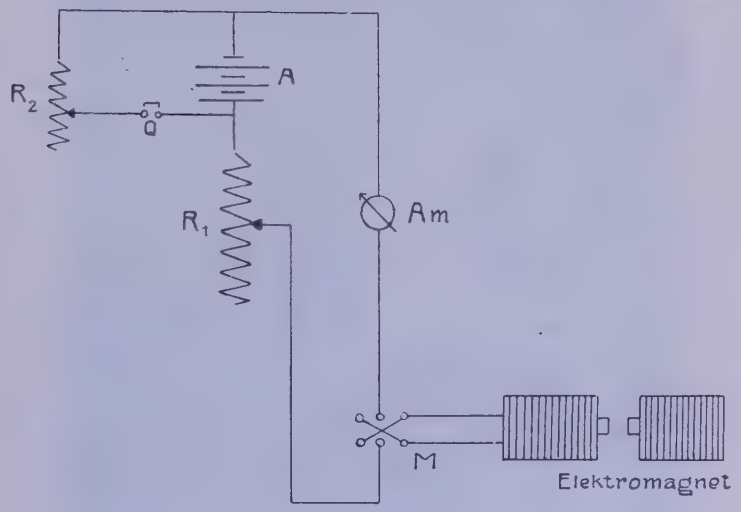

Fig. 3.
A = ackumulatorbatteri (20 volt); Am = ampèremeter; M = metallströmomkastare; R_1 och R_2 = reglerbara motstånd.

målet särskilt gjord apparat. Dess uppställning framgår av fig. 4, och den var av följande konstruktion. Den del, som skulle nedföras mellan polskorna, bestod av en 33 cm. lång och 2,5 cm. bred glasskiva, vars bredd ändrade sig 0,03 mm. på en längd av 7 cm. Kring denna var lindad 9 varv lackerad koppartråd av 0,0321 cm. tjocklek. Denna glasskiva var fästad vid en spegelglasplatta, som utgjorde den rörliga delen i en glidinrättning, vars fasta del utgjordes av en annan

större spegelglasplatta, vid vilken fyra mindre glasplattor voro fästade så, att de utgjorde ett lämpligt glidrum för den rörliga glasskivan. I den rörliga skivans övre ända var ett hål,

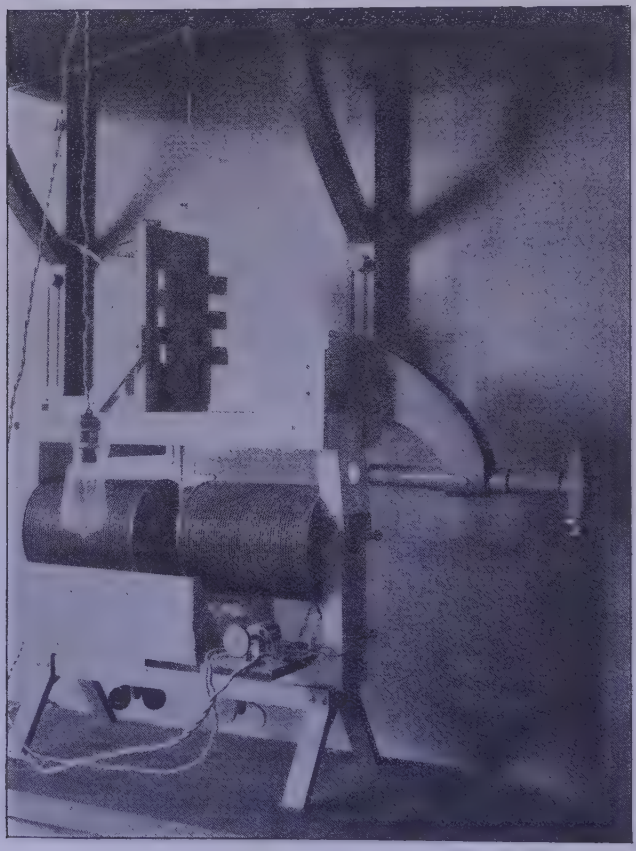

Fig. 4.

i vilket ett snöre var fästat. Tråden leddes över en metalltrissa, som var fästad på undersidan av den hylla, på vilken vågen var uppställd, fram till den plats, från vilken galvanometeravläsningarna (med spegel och skala) ägde rum.

Den rörliga glasskivans läge mellan polskorna kunde noga bestämmas medelst en katetometer, som var uppställd framför elektromagneten. Skivans övre ända befann sig, praktiskt taget, utanför fältet.

För att kunna bestämma förskjutningarnas storlek i det magnetiska fältet fästes på den rörliga glasskivan två mässingsspärrar, en upptill och en nedtill. Storleken av skivans för-

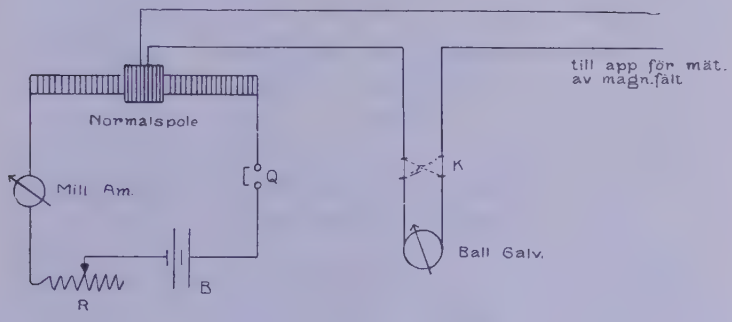

Fig. 5.

Mill. Am. = precisions-milliampèremeter; R = motstånd; B = ackumulatorbatteri; Q = kvicksilver-strömbrytare; *Ball. Galv.* = ballistisk galvanometer; K = metall-strömbrytare.

skjutning bestämdes av dessa spärrars läge. På den rörliga skivans framsida var fästad en glasskala på fjärdedels millimeter (precisionsskala från Carl Zeiss). I ena ändan av den ställning, på vilken den beskrivna apparaten var fästad över elektromagneten, anbringades en okularmikrometer med kikare (se fig. 4). Kikaren inställdes skarpt på den lilla glasskalan, och bråkdelarna av fjärdedels millimeter vid förskjutningen bestämdes med okularmikrometern. På så sätt kunde förskjutningarna bestämmas på omkring en hundradels millimeter när. Då nu bredden på glasskivan, dess förskjutning och antalet trådvarv äro kända, känner man sålunda också storleken på den yta av

det magnetiska fältet, som vid förskjutningen bringas innanför den genom galvanometern slutna ledningen.

Vid en bestämning av fältstyrkan öppnas galvanometerkretsen vid K (galvanometerkretsens koppling framgår av fig. 5), och genom att draga i snöret, som är fästat vid glasskivan, bringas denna i sitt övre läge. Härefter slutes kretsen åter vid K och glasskivan släppes ned i sitt nedre läge. På grund av det ökade antalet kraftlinjer, som kommer innanför den slutna kretsen, uppstår i ledningen en elektromotorisk kraft, som utjämnas genom galvanometerledningen, och galvanometern gör ett utslag, som avläses i kikaren.

3. Anordning för bestämning av galvanometerns ballistiska konstant.

För att bestämma galvanometerns ballistiska konstant (C) var en precisionsmilliampèremeter inkopplad i normalspolens primära lindningskrets (fig. 5). Normalspolens sekundära krets var alltid inkopplad i galvanometerkretsen. Galvanometern injusterades så, att den gav lika utslag åt båda sidor. Då strömmen i den primära kretsen brytes, gör galvanometern ett utslag (β). Då normalspolens dimensioner äro kända, kan den fältstyrka beräknas, som motsvarar ett galvanometerutslag.

Går strömmen I genom primärlindningen, skäres sekundärspolens lindningsyta av IM induktionslinjer, där M är normalspolens induktionskoefficient. Brytes strömmen i primärlindningen, fås genom galvanometerkretsen en strömstöt, som är proportionell mot IM, om motståndet i ledningen alltid är detsamma. Således kan man sätta $C\beta = IM$, varur värdet på C erhålles.

Om fältstyrkan kallas H och galvanometerutslaget α, så är $H = \frac{C\alpha}{S'}$, där S' är ytan, som motsvarar den rörliga ström-

slingans förskjutning. Konstanten C varierar något med utslagens storlek och måste därför bestämmas för varje fall.

Den använda milliampèremetern och ballistiska galvanometern voro av Siemens och Halskes konstruktion.

Normalspolen, som användes, var tillverkad på härvarande institution. Glasröret, på vilket tråden var lindad, hade en längd av omkring 65 cm. och en tjocklek av 2,4 cm. Röret var rakt och variationerna i tjocklek voro obetydliga.

4. Anordning för vägningarna.

Bestämning av den på materialet verkande kraften har, som nämnts, gjorts medelst vägning. Vågen, som härvid användes (se fig. 6), hade våghusets botten genomborrad och var försedd med en särskild vågskål, vid vilken ett gehäng, som nådde under våghuset, kunde fästas. Även den hylla, på vilken vågen var uppställd, var försedd med ett hål, genom vilket en metalltråd kunde föras, och i vilken provet upphängdes.

Avståndet mellan magneten och vågen var tämligen litet, omkring en meter; man måste fördenskull tillse, att på vägningarna störande inverkan från magnetfältet undveks. På grund härav avlägsnades alla järn- och ståldelar på vågen, som ej voro nödvändiga, och den nedre delen av gehänget gjordes av elektrolytisk koppartråd.

Provet, som hängde fritt mellan elektromagnetens polskor, var utsatt för luftströmmar. För att minska dessas inverkan omslöts det magnetiska fältet och nedre delen av gehänget med ett skydd av papp. Vid bestämningarna på lösningarna och de pulverformiga ämnena, som voro inneslutna i ett glasrör, omgavs detta av ett vidare sådant. Detta senare skydd föreföll vara mera effektivt.

Vid bestämningarna av kvartsens susceptibilitet i förhål-

lande till vattnets placerades mellan polskorna ett litet glaskärl med vatten. Kärlet var så stort, att man utan svårighet kunde nedsänka kvartscylindern i vertikal riktning under vattenytan.

Fig. 6.

Vågens utslag avlästes medelst prisma, kikare och skala. En bestämning av förhållandet mellan vågarmarna visade, att dessa voro praktiskt taget lika.

5. Anordning för uppmätning av elektriskt ledningsmotstånd.

För att bestämma motståndsändringarna hos tellur användes en kompensationsapparat från Wolff och en proppreostat. Apparaterna voro uppsatta enligt följande schema (fig. 7).

Huvudströmmen togs från ett ackumulatorelement och fördes genom vippan *W* till kompensationsapparaten. Mot-

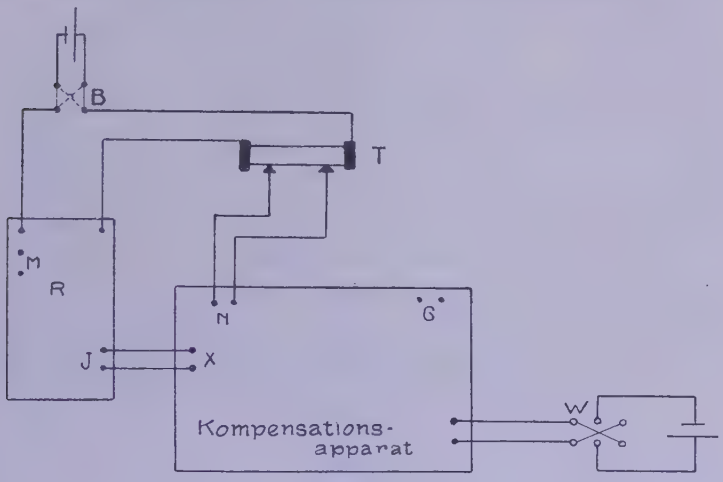

Fig. 7.

ståndsbestämningarna gjordes med två olika riktningar på huvudströmmen för att eliminera verkan av termoströmmar.

Från ett annat ackumulatorelement leddes ström till omkastaren *B*, därifrån genom motstånden *M* och *J* hos reostaten *R* och vidare genom tellurstaven *T* tillbaka till *B*. Tellurstaven var i ändarna försedd med påskruvade mässingsringar, vid vilka tilledningstrådarna voro fastlödda.

Ledningstrådarna från motståndet, som skulle undersökas, och från jämförelsemotståndet tillkopplades kompensationsappa-

raten med klämskruvar vid N och X respektive. För att kunna jämföra motståndet hos telluren före och efter upphettning måste övergångsmotståndet vid och avståndet mellan uttagskontakterna i de olika fallen vara desamma. För att åstadkomma detta fastskruvades vid en träplatta tvenne med varandra parallella kopparkilar, vilkas eggar voro av platina. De båda kopparkilarna voro försedda med klämskruvar. Vid försöken trycktes de båda platinaeggarna mot tellurstaven med en viss belastning, som var lika i de skilda fallen.

III. Uppmätning av några konstanter.

1) Normalspolens induktionskoefficient.

För dennas bestämning uppmättes först glasrörets omkrets. Härvid lindades en tunn stanniolremsa omkring röret, och medelst en kniv gjordes ett märke på ett ställe, där bladets ändar täckte varandra. Stanniolremsan utlades därefter på en plan glasskiva, varefter man med stor noggrannhet med delningsmaskin kunde uppmäta avståndet mellan de båda märkena. Fyra olika ställen i mitten av röret, där den sekundera lindningen skulle ligga, mättes, varvid följande värden på omkretsen erhölls, uttryckta i delningsmaskinens enheter:

100,870
100,843
100,939
100,809.

Härav medelvärdet 100,865. På motsvarande ställe på delningsmaskinen uppmättes 7 cm. på en Zeiss' normalskala, vilket befanns motsvara 93,014 delstreck. Rörets omkrets var således 7,5908 cm. Trådens i primärlindningen diameter uppmättes med mikrometerskruv, och erhölls som medelvärde av 10 mätningar 0,538 mm. Således var spolens radie (r) 1,2350 cm. Spolens radie har räknats från spolens axel till trådens axel. Härav värdet 4,7917 cm^2 på spolens genomskärningsyta (q) för beräkning av induktionskoefficienten. Antalet varv

(n_1) i primära lindningen var 1102 och i den sekundära (n_2) 551. Spolens längd (l) var 61,575 cm. Härav erhölls induktionskoefficienten $M = \frac{4\pi n_1 n_2 q}{\sqrt{4r^2 + l^2}} = 593330$ cm.

2) Den för uppmätning av magnetfältet avsedda glasskivans bredd.

Med tillhjälp av delningsmaskin mättes skivan på tre ställen, nämligen: 0,2 cm., 1 cm. och 7 cm. från nedre ändan. Uttryckt i delningsmaskinens mått erhölls på första stället 35,402, på andra 35,397 och på det tredje 35,444. Medeltalet av de tre best. är 35,414. Glasskivans bredd var sålunda mycket litet föränderlig inom det område, där magnetiska fältet hade någon större styrka. Delningsmaskinens skala jämförd med en Zeiss' glasskala var

$$33{,}241 = 2{,}5 \text{ cm.}$$

Den lackerade koppartråden, som var lindad 9 varv omkring skivan, hade en tjocklek av 0,0321 cm. Således blir $9 \times 2{,}6957$ det tal, varmed förskjutningen av skivan vid magnetfältets mätning skall multipliceras för att erhålla den av trådslingan överfarna ytan.

3) Provens genomskärningsyta.

Vid bestämningen av susceptibiliteten hos kvarts använde jag mig, som förut nämnts, av tvenne cylindrar av bergkristall. Den ena (I) av dessa tillhörde institutionen, och den andra (II) anskaffades av mig. Genom vägning i luft och vatten och uppmätning av cylindrarnas höjd erhölls deras genomskärningsyta.

Cylindern I vägde vid 16,5° temp. 128,5681 gr. i luft och i vatten 80,1286 gr., vilket motsvarar en viktförlust av 48,4395 gr. och en volym vid rumstemperatur av 48,546 cm^3. Cylinderns höjd bestämdes medelst katetometer. Cylindern uppställ-

des på en horisontell spegelglasplatta, så att den mot katetometern vända delen nådde ett stycke utanför glasplattan. Bakom cylindern placerades ett streckat papper. Med dessa anordningar vid lämplig belysning erhölls i katetometerkikaren en klar och skarp bild av cylinderns såväl övre som undre kant. Katetometern var graderad i halva millimeter och kunde med tillhjälp av nonie avläsas på hundradels millimeter. Höjden mättes på fyra ställen med 90° mellanrum. Härvid erhöllos följande värden

99,34 mm.
99,34 „
99,29 „
99,34 „ ,

varav medelvärdet 99,33 mm. Cylinderns genomskärningsyta var således 4,8873 cm^2.

Vikten i luft vid 18° av cylindern II var 41,6362 gr., i vatten 25,9562 gr. Viktförlusten i vatten var således 15,6800 gr. och volymen vid rumstemperatur 15,719 cm^3. Vid mätningen av cylinderns längd erhölls

85,23 mm.
85,22 „
85,21 „
85,28 „ ,

varav medelvärdet 85,235 mm. Härav genomskärningsytan 1,8442 cm^2.

För susceptibilitetsbestämningarna av mangansulfid och lösningar samt vatten användes ett omkring 1 cm. tjockt glasrör. Röret var av tunt Jenaglas och försett med två ritsor, en upptill och en nedtill. Då röret var för ändamålet särskilt gjort, hade man bemödat sig att så vitt möjligt göra det jämntjockt. Röret vägdes med vatten till undre och övre strecket, varav rörets volym mellan de båda strecken beräk-

nades. Avståndet mellan strecken mättes med delningsmaskin.

Vikten av vatten vid 18° mellan de båda ritsorna bestämdes tre gånger, och erhöllos värdena

18,2509 gr.
18,1906 „
18,2738 „

Härav medelvärdet 18,2384 gr., varav volymen vid 18° 18,282 cm^3.

Uppmätningen av avståndet mellan strecken medelst delningsmaskin gav 102,70 mm. och 102,69 mm., och har jag vid räkningarna använt värdet 102,70 mm.

Av dessa värden beräknades genomskärningsytan vara 1,780 cm^2.

IV. Undersökningsmaterialet.

För undersökningarna på kvarts ha tvenne olika prov använts. Det ena, som tillhörde Fysiska institutionen, var en kvartscylinder på omkring 1 dm:s längd. Denna var av fullständigt klar bergkristall och utskuren parallellt med axeln. Inga som helst blåsor eller inneslutningar kunde i densamma upptäckas; den var också fullständigt ofärgad. Fyndort obekant.

Det andra provet utgjordes också av en kvartscylinder, men av något mindre dimensioner. Även denna var av ofärgad bergkristall och utskuren parallellt med huvudaxeln. Kristallen, som jag erhållit oslipad, var från Serra dos Cristaes, Goyaz, Brasilien.[1] Från de vid cylinderns utskärning överblivna kristallbitarna kunde jag erhålla såväl slipprov som prov för kemisk analys. Såväl slipningen av cylindern som slipprovet gjordes på härvarande Mineralogisk-Geologiska institution av preparator Andersson.

Betraktades slipprovet genom ett mikroskop med 400 gångers förstoring, syntes i den i övrigt klara, färglösa massan små inneslutningar, av vilka de flesta voro små rundade, mörka korn och andra liknade oregelbundet formade blåsor. Av inneslutningarna, som lågo tämligen glest, hade de största vid denna förstoring omkring en halv mm. genomskärning. Även makroskopiskt kunde man i den polerade cylindern se en del inneslutningar, som på dess ena sida markerade en av kvartsens kristallytor. Dessa inneslutningar voro ljusa.

[1] Till Dr. J. Sobral, av vilken denna kristall erhållits, ber jag att här få framföra mitt hjärtliga tack.

Då mina värden på kvartsens susceptibilitet lågo betydligt lägre, än hvad man förut funnit, ansåg jag det bäst att låta undersöka några bitar av provet i avseende på järn. Något sådant kunde emellertid ej påvisas. En längs hela kristallen utskuren skiva pulveriserades och undersöktes. Ett prov på 0,5 gr. av kristallen måste hålla mindre än 0,001 mg. järn. Tre försök gjordes, men vid intet av dessa kunde järn påvisas.[1]

Den använda telluren levererades av C. A. Kahlbaums kemiska fabrik. På förfrågan uppgaf fabriken, att preparatet endast innehöll knappt märkbara spår af järn. Från samma fabrik var också ferrihydratet, brunstenen och mangansulfiden. Järnoxiden framställdes genom upphettning av ferrihydrat i öppen degel under omrörning.

De använda holmiumpreparaten hafva erhållits ur docenten Holmbergs renaste holmiumfraktioner. Vad som i det följande kommer att betecknas med fraktion I, II och III äro hopförda grupper av närliggande fraktioner. Alla dessa fraktioner innehålla naturligtvis spår av föroreningar av andra sällsynta jordmetaller. På de olika fraktionerna äro dessa fördelade på i huvudsak följande sätt: fraktion I yttrium, erbium; fraktion II yttrium, disprosium; fraktion III yttrium, disprosium, terbium. Yttrium finnes således i alla fraktionerna och terbium-disprosiumhalten avtager, under det att erbium anrikas från III till I. Vid bestämningen av fraktionernas atomvikt har erhållits samma tal 163,5. Den renaste av fraktionerna är I, som är ett ljusgult pulver. Fraktion II är en nyans mörkare än I, och III något mörkare än II på grund av terbiumoxid, som är svart.

[1] Till Dr. E. Virgin, som utfört dessa analyser, ber jag att få framföra ett varmt tack.

V. Mätningar.

Det magnetiska fältets styrka och kraften, som verkar på provet, äro de båda storheter, som i varje särskilt fall sökas. För bestämningen av den första storheten mätes den rörliga strömslingans förskjutning, det mot denna förskjutning svarande utslaget på den ballistiska galvanometern samt den mot detta utslag svarande ballistiska konstanten hos galvanometern. För beräkningarna behöver man känna fältets styrka i provets övre och nedre ända, varför fältet i dessa båda punkter för varje använd fältstyrka bestämmes.

En bestämning tillgick i allmänhet på följande sätt. Magnetfältets inverkan på gehänget undersöktes. Provet upphängdes och vågens känslighet bestämdes. Härefter mättes skillnaden i vikt med och utan magnetfält. Vid vägningen medtogs i allmänhet sju vändpunkter, men ofta flera. Avläsningarna gjordes på 0,1 skaldel. Vägningarnas antal voro i allmänhet 10 till 20.

Sedan kraften bestämts, borttogs provet från vågen, och uppsattes apparaten för bestämning av fältstyrkan. Härvid tillsågs, att den rörliga skivan kom att befinna sig mitt emellan magnetens polskor och parallellt med dessa. Glasskivans spärrar inställdes så, att förskjutningen blev omkring en cm. Vidare tillsågs, att skivans undre kant i sitt nedre läge kom att ligga omkring 5 mm. lägre än provets undre kant befunnit sig.

Härefter gjordes en bestämning av storleken på den rörliga skivans förskjutning. Kikaren med okularmikrometern inställdes så skarpt som möjligt på den rörliga skivans skala, och den rörliga tråden i okularmikrometern inställdes på ett av skalans delstreck i mitten av synfältet. Okularmikrometerns trumma, som var delad i 100 delar, aflästes på tiondels skaldel. Tio inställningar och avläsningar gjordes. Den rörliga glasskivan uppdrogs härefter i sitt övre läge, varvid ett visst antal delstreck passerade den rörliga tråden, varefter denna inställdes på det sista delstrecket, som passerat. Förskjutningen var nu känd i mm. och ett visst antal hundradels varv av trumman. För att bestämma värdet av ett varv uppmättes, med samma noggrannhet som nyss, ett visst antal varv i glasskalans enheter.

För att bestämma det utslag på galvanometern, som motsvarade den uppmätta förskjutningen, bröts galvanometerkretsen vid *K* (fig. 3), och strömmen genom elektromagneten slöts. Härefter uppdrogs den rörliga skivan i sitt övre läge, och kretsen slöts åter vid *K*. Sedan galvanometern inställt sig på nollpunkten, nedsläpptes skivan i sitt nedre läge, varvid galvanometern gjorde ett utslag, som avlästes.

För att finna hur mycket spärrarna på glasskivan glidit under bestämningen, uppmättes förskjutningen på nytt. Medlet av de båda erhållna värdena tjänstgjorde som mått på förskjutningen.

Slutligen bestämdes galvanometerns ballistiska konstant. Galvanometerkretsen bröts vid *K* och en ström genomsändes normalspolens primära lindning. Den reglerades så, att milliampèremetern visade något mer än en viss strömstyrka *I*. Galvanometerkretsen slöts åter. Galvanometern inställde sig i sitt nolläge, och strömmen i primärlindningen avtog så småningom mot *I* amp. I det ögonblick milliampèremetern visade

I amp., bröts strömmen i primärkretsen, och galvanometern gjorde ett utslag, som avlästes.

Bestämningen av fältet på det ställe, där provets övre kant befunnit sig, tillgick på liknande sätt, som nyss beskrivits. Här behövdes ej samma noggrannhet, då felet i denna bestämning kan få uppgå till flera procent utan att inverka på slutresultatet.

Vid en del vägningar föreföll det, som om skalan för ryttaren på vågen ej skulle varit riktigt placerad. Några vägningar gjordes för att få ett ungefärligt värde på den korrektion, som borde tillfogas avläsningarna av ryttarens läge. Härvid befanns, att, om ryttaren var hängd på höger sida om nollpunkten, 0,021 mg. skulle läggas till värdet och i motsatt fall dragas ifrån. Det är emellertid möjligt, att detta fel har sin grund i skalans ojämna belysning.

Korrektionerna för den, vid mätning av ballistiska konstanten, använda milliampèremetern voro bestämda på härvarande institution, och anges i varje särskilt fall såväl det avlästa som det korrigerade värdet.

Mätningarna och beräkningarna av susceptibiliteten hos kvarts, vätska och pulver äro något olika. Under rubriken kvarts genomgås ett sifferexempel, och i den mån beräkningarna äro olika för de övriga ämnena, anges det under respektive ämnen.

1. Kvarts.

Magnetfältets inverkan på gehänget var omkring 0,01 skaldel och kan därför negligeras.

Vågens känslighet, då kvartscylindern *I* var upphängd, erhölls av 5 vägningar vara 0,1583 mg.

Vid 16 ampères matningsström pålades 24 mg. på den vågskål, vid vilken kvartsen var upphängd. I tabell 3 under a återfinnas utslagen. Medelvärdet är + 3,59 skaldelar (a i tabell 4), vilket motsvarar 0,568 mg., som här tilläggas. Då dessutom korrektionen + 0,021 mg. tillkommer, blir kraften

$$P = 24{,}589 \text{ mg.}$$

Vid bestämmandet av rörliga skivans förskjutning erhöllos värdena under b och c i tabell 3 för trummans inställning vid skivans nedre och övre läge. Medelvärdena äro 61,06 och 24,31 respektive. Trumman hade således vridits 65,25 hundradelar av ett varv. 40 delstreck hade passerat den rörliga tråden. 25 skaldelar på glasskalan motsvarades av 21 hela varv hos trumman, och enligt tabell 3 under d och e skall härtill läggas 0,094, varv. Således fås

$$\frac{25}{4} \text{ mm.} = 21{,}094 \text{ varv.}$$

Värdet på den rörliga skivans förskjutning var således

$$\frac{40}{4} + \frac{25}{4 \times 21{,}094} \cdot 0{,}6525 \text{ mm.}$$

Värdet på förskjutningen av den rörliga skivan efter mätningen erhålles av värdena under f och g i tabell 3. Den var

$$\frac{40}{4} + \frac{25}{4 \times 21{,}094} \cdot 0{,}6665 \text{ mm.}$$

Förskjutningens medelvärde (l i tabell 4) under försöket var således 1,01954 cm.

Skivans bredd var 2,6957 cm. och antalet trådvarv 9. Härav

$$S' = 2{,}6957 \times 9 \times 1{,}01954 = 24{,}735 \text{ cm}^2.$$

Vid uppmätning av fältstyrkan var galvanometerns utslag (se α i tabell 3)

$$\alpha = 87{,}06 \text{ skaldelar.}$$

För bestämning av galvanometerns ballistiska konstant (C) erhålles ur tabell 3

$$\beta = 87{,}82.$$

Milliampèremetern visade härvid på 1,27, vilket motsvarar 1,2648 amp.

Härav

$$C = \frac{M}{\beta} \cdot \frac{I}{10} = 854{,}52.$$

För fältstyrkan fås således,

$$H = \frac{C\alpha}{S'} = 3007{,}7 \text{ C. G. S.}$$

Vid bestämningen av fältet vid cylinderns övre kant erhölls

$$\alpha_1 = 5{,}56$$
$$C_1 = 851{,}5$$

Härav $H_1 = 191{,}4$ C. G. S., då S'_1 i detta fall var lika S'.

Provets genomskärningsyta (S) är 4,8873 cm². och jordaccelerationen (g) 981,9 cm.

Härav erhålles:

$$\varkappa = \frac{2Pg}{S(H^2 - H_1^2)} = 1{,}0966 . 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

I tabell 4 äro sammanförda de erhållna medelvärdena av mätningarna vid bestämningen av susceptibiliteten hos cylindern I vid olika fältstyrkor. A anger antalet ampères, varmed elektromagneten matades. De på vågen pålagda vikterna plus korrektionen för ryttarskalan återfinnas under p. P anger i mg. den på provet verkande kraften. Skillnaden i mikrometertrummans inställning i den rörliga skivans övre och nedre läge före och efter bestämningen av fältet betecknas med b_1

Tabell 3.

Cylinder *I*, 16 amp. matningsström. Fältstyrka 3,010 C. G. S.

vägn.		förskjut.		mikrometerskala		magnetfält			förskjut.		ballist. konst.		
a	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	opt.	utsl.	α	*f*	*g*	opt.	utsl.	β
+ 3,9	5,3	62,0	27,0	15,8	24,0	302,2	389,3	87,1	61,3	26,0	297,0	384,7	87,7
2,8	3,9	62,1	22,3	16,2	25,8	302,8	389,9	87,1	59,5	24,7	296,3	384,1	87,8
2,2	3,2	61,4	26,5	15,6	23,9	304,0	390,8	86,8	61,2	28,2	296,1	384,0	87,9
3,7	4,8	59,8	26,2	14,8	23,6	303,3	390,4	87,1	59,8	27,3	296,6	384,2	87,6
3,8	4,6	60,4	27,2	13,8	26,5	304,5	391,5	87,0	59,3	26,5	296,1	383,9	87,8
3,4	2,1	59,5	27,8	15,5	24,1	304,7	391,9	87,2	61,1	27,3	295,9	383,6	87,7
3,5	2,7	60,6	27,1	15,4	24,1	305,3	392,2	86,9	60,3	27,8	295,1	383,0	87,9
2,9	3,9	62,0	26,0	16,7	25,2	306,2	393,3	87,1	59,6	26,9	296,6	384,4	87,8
4,7	3,2	60,8	26,0	15,6	26,4	307,2	394,3	87,1	59,8	26,9	316,4	404,4	88,8
3,9	3,3	62,0	27,0	16,5	26,3	308,7	395,9	87,2	60,6	27,4	315,7	403,7	88,0
+ 3,59		61,06	26,31	15,59	24,99	$\alpha = 87,06$			60,25	26,90	$\beta = 87,82$		

och b_2 och är angiven i hundradels varv. Den rörliga trådens förflyttning, uttryckt i mm., då mikrometertrumman vrides ett varv, återfinnes under d_1. Antalet delstreck, som passerat den rörliga tråden, anges under n. Förskjutningens medelvärde (i cm.) återfinnes under l. Under I_1 anföras de avlästa värdena på strömstyrkan på milliampèremetern, under I de korrigerade i ampère. Betydelsen av övriga storheter framgår av ovan genomgångna räkneexempel.

Av dessa bestämningar erhålles $-1{,}097.10^{-6}$ C. G. S. som medelvärde på kvartsens susceptibilitet hos cylindern I.

Vågens känslighet, då cylindern II upphängdes, var 0,1630. Tvenne vägningar av 2 mg. överbelastning på vågarmens högra sida gav ena gången 12,5, andra 12,3 skaldelars utslag. Härav värdet.

Tabell 4.

Kvartscylinder I.

A	a	p mg.	P mg.	b_1	b_2	d_1 mm.	n	l cm.	S'	α	I_1	I	β	C	H	S'_1	α_1	C_1	H_1	$-\varkappa . 10^6$
18	— 4,78	29,021	28,264	16,76	19,68	0,29414	41	1,0304	24,999	94,28	1,370	1,3660	94,72	855,66	3227	24,66	6,36	851,5	219,6	1,096
17	+ 1,66	26,021	26,284	19,68	21,14	0,29414	41	1,0310	25,013	91,39	1,370	1,3660	94,72	855,66	3126	25,03	6,00	851,5	204,1	1,085
16	+ 3,59	24,021	24,589	65,25	66,65	0,29629	40	1,0195	24,735	87,06	1,270	1,2648	87,82	854,52	3008	24,74	5,56	851,5	191,4	1,097
15	+ 3,79	22,021	22,621	75,68	75,58	0,29609	42	1,0724	26,017	88,38	1,400	1,3960	97,37	850,64	2890	25,86	6,00	851,3	197,5	1,093
14	+ 0,25	21,021	21,061	66,65	64,00	0,29629	40	1,0194	24,732	80,52	1,170	1,1642	80,88	854,04	2781	24,72	5,16	851,5	177,7	1,099
12,5	— 4,95	19,221	18,437	55,34	55,45	0,29656	40	1,0164	24,659	75,07	1,100	1,0942	75,91	855,24	2604	24,66	5,24	852,9	181,2	1,098
11	— 1,21	16,021	15,829	62,18	65,25	0,29629	40	1,0189	24,719	69,54	1,000	0,9939	68,93	855,50	2407	24,72	4,86	851,5	167,4	1,103
10	— 17,64	17,021	14,229	55,45	63,27	0,29656	40	1,0176	24,688	65,85	0,950	0,9439	65,45	855,68	2282	24,69	4,45	842,5	151,9	1,103
8,5	— 2,87	12,021	11,567	24,91	25,76	0,29414	41	1,0325	25,049	60,32	0,870	0,8640	60,03	853,94	2056	25,05	4,08	851,5	138,7	1,105
7	— 5,1	10,000	9,193	63,47	64,77	0,29646	40	1,0190	24,722	52,95	0,750	0,7436	51,60	855,02	1831	24,72	3,78	851,5	130,2	1,107
5	— 0,89	5,621	5,480	23,41	24,91	0,29414	41	1,0321	25,040	42,00	0,600	0,5939	41,34	852,38	1430	25,03	3,14	832,2	104,4	1,083

Tabell 5.

Kvartscylinder II.

A	a	p mg.	P mg.	b_1	b_2	d_1 mm.	l cm.	S'	α	I_1	I	β	C	H	S'_1	a_1	C_1	H_1	$-\varkappa . 10^6$
10	— 3,20	9,021	8,499	40,16	38,30	0,29594	1,0366	25,149	84,79	1,230	1,2245	85,00	854,74	2882	25,15	6,5	852	220	1,096
15	+ 1,63	13,021	13,287	38,30	40,58	0,29594	1,0367	25,150	106,13	1,500	1,4972	104,01	854,08	3604	25,15	8,2	852	278	1,096
15	+ 2,74	8,021	8,468	38,12	38,70	0,29471	1,0363	25,142	85,01	1,230	1,2245	85,00	854,74	2890	25,14	9,6	855	327	1,094

Med denna cylinder gjordes två förberedande försök, vid 15 och 17 amp. matningsström, för att se, om någon större avvikelse i susceptibiliteten vore att vänta. Härvid erhölls

$$\varkappa = -1{,}103 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$
$$\varkappa = -1{,}085 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Överensstämmelsen med förut funna värden var således god.

För att något öka styrkan hos magnetfältet utan att behöva gå upp i allt för höga strömstyrkor hopsköts elektromagneten något, så att avståndet mellan polskorna blev omkring 2 cm. Två värden togos här, ett vid 10 och ett vid 15 ampères matningsström. Härvid gjordes endast 10 vägningar för varje fältstyrka. Då jag vid de förberedande försöken ej särskilt mätte fältet vid cylinderns övre kant, isärdrogs åter de båda polskorna, så att avståndet blef det ursprungliga, och ny bestämning gjordes vid 15 ampères ström, varvid 20 vägningar gjordes.

För de tre noggrannare bestämningarna på cylindern II äro värdena införda i tabell 5. Beteckningarna äro desamma som i tabell 4.

Vid bestämningen av l hade 41 delstreck på skalan passerat den rörliga tråden. På grund av dessa tre bestämningar kan man för cylindern II sätta

$$\varkappa = -1{,}095 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

För att kontrollera, att ej några större fel hade insmugit sig, gjordes ett försök att bestämma susceptibiliteten hos cylindern II i förhållande till vatten. Någon större noggrannhet kunde här ej åstadkommas, då vägningen i vatten var svår på grund dels av vattnets motstånd vid vågens svängningar och dels av den obetydliga kraft, varmed fältet här åverkade kvartsen.

Vid detta försök användes 15 ampères ström genom elektromagneten. Den kraft, varmed det magnetiska fältet i detta fall åverkade kvartsen, erhölls genom fem vägningar och var 8,122 mg. Kraften, då kvartsen var nedsänkt i vatten, erhölls genom 10 vägningar vara 2,600 mg. Vattnet minskade således kraften med 5,522 mg.

Om $\varkappa$ för kvarts-luft, vatten-luft och kvarts-vatten betecknas med $\varkappa_q$, $\varkappa_v$ och $\varkappa_{qv}$ respektive, kan man sätta

$$\varkappa_q - \varkappa_v = \varkappa_{qv}.$$

Om den mätta kraften (P) ges motsvarande beteckningar, erhålles

$$\frac{\varkappa_q}{\varkappa_v} = \frac{P_q}{P_v}.$$

Vid 18° och i luft är $\varkappa_v = 0{,}720 \cdot 10^{-6}$ C. G. S., varav

$$\varkappa_q = -1{,}06 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

2. Tellur.

Då försöken med tellur egentligen gingo ut på att finna, huruvida den strukturförändring, som uppstår vid upphettning till ett par hundra grader, väsentligen inverkar på dess magnetiska egenskaper, behövdes här endast en jämförelse av den kraft, varmed ett givet magnetfält åverkade provet före och efter upphettning. Emellertid gjordes också här en absolut bestämning av susceptibiliteten. Då telluren var svår att erhålla i en regelbunden geometrisk form, kan icke bestämningen göra anspråk på någon större noggrannhet.

Telluren, som erhölls i form av små stänger, nedfördes i ett nedtill tillsmält glasrör av omkring en halv centimeters tjocklek. Glasröret upphettades därefter, tills all metallen var smält, varefter det fick sakta avsvalna. Då metallen stelnat

och börjat släppa glasrörets väggar, neddoppades röret i vatten, varvid glaset sprack sönder och lätt kunde borttagas från metallen utan att skada denna. Då telluren vid stelning starkt sammandrager sig och då lätt blir pipig, om den fått stelna för hastigt, bortbrötos oanvändbara delar, så att endast massiv metall återstod. På den så erhållna metallstaven gjordes sedan bestämningarna.

Stavens omkrets bestämdes med tillhjälp av en stanniolremsa, vars längd sedan mättes med delningsmaskin. Längden var 40,78 mm. Härav stavens genomskärningsyta 1,323 cm^2.

Följande tabell över erhållna medelvärden vid mätningarna är uppsatt med samma beteckningar som tabell 4. I detta fall var vågens känslighet 0,1604 mg.

Tabell 6.

Tellur.

A	P mg.	l cm.	$S'=S'_1$	α	I_1	I	β	C	H	α_1	C_1	H_1	$-\varkappa . 10^6$
15	14,472	1,0386	25,198	103,8	1,490	1,4870	102,64	859,56	3441	11,48	850,8	387,6	1,73

Denna bestämning av susceptibiliteten gjordes på tellur, vars specifika vikt varit dels 6,2057 och dels 6,2082.

För att finna ändringar i $\varkappa$ hos tellur genom upphettning gjordes flera försök, av vilka här ett par anföras.

Då tellurs elektriska ledningsförmåga i hög grad ändras genom upphettning och även dess specifika vikt något litet, bestämdes dessa båda storheter och användes som mått på den grad av omlagring telluren genomgått.

En specifik viktbestämning, utförd på vanligt sätt genom vägning i luft och vatten och beräknad med hänsyn tagen till luftens upptryck och temperaturen, gav

spec. vikt = 6,2141.

Härefter jämfördes stavens motstånd m_1 med ett manganinmotstånd på 2 ohm. Jämförelsen gjordes med kompensationsapparat, som ovan omtalats, och var inställningen, då telluren var inkopplad, 106 och, då jämförelsemotståndet var inkopplat, 591. Härav

$$\text{motståndet } m_1 = \frac{2 \cdot 106}{591} = 0{,}3587 \ \Omega$$

Telluren upphängdes därpå i ett magnetfält, åstadkommet genom 15 ampères ström i elektromagneten. Kraften bestämdes med våg som förut, och erhölls som medelvärde 14,01 mg.

Motståndet bestämdes på nytt och erhölls därvid

$$m_2 = \frac{2 \cdot 107}{595} = 0{,}3597 \ \Omega.$$

Staven upphängdes därpå i en lercylinder, som kunde upphettas med tillhjälp av en elektrisk ström. Sedan den i 3 timmar i denna upphettats till 215°, bestämdes specifika vikten på nytt, varvid

$$\text{spec. vikt} = 6{,}2156.$$

En bestämning av motståndet gav nu

$$m_3 = \frac{2 \cdot 281}{591} = 0{,}9509 \ \Omega.$$

Vägning därefter i samma magnetfält som förut gav i medelvärde på kraften 13,97 mg.

Efter detta gjordes en ny bestämning av motståndet och erhölls

$$m_4 = \frac{2 \cdot 291}{594} = 0{,}9798 \ \Omega.$$

Ett annat försök gav de värden, som ges här nedan. Jämförelsemotståndet var i detta fall 3 ohm.

Spec. vikt = 6,2283.

$$\text{Motstånd } m'_1 = \frac{3.510}{889} = 1{,}721 \ \Omega.$$

Kraften i magnetfält av 15 ampères var 14,33 mg.

Spec. vikt efter upphettning i cirka 4 timmar till 215°—235° var 6,2330.

$$\text{Motstånd } m'_2 = \frac{3.977}{884} = 3{,}316 \ \Omega.$$

Kraften i samma magnetfält var 14,74 mg.

Specifika vikten efter upphettning 1¼ timme till 315°—320° var 6,2241.

$$\text{Motstånd } m'_3 = \frac{3.319}{887} = 1{,}079 \ \Omega.$$

Kraften i samma fält som förut 14,28 mg.

Spec. vikt efter upphettning i 3 timmar till 200° var 6,2320.

$$\text{Motstånd } m'_4 = \frac{3.758}{883} = 2{,}575 \ \Omega.$$

Kraften i samma magnetfält 14,20 mg.

Resultaten äro sammanfattade i följande tabell.

Tabell 7.

Sp. v.	m	P
6,2141	0,3592	0,01401
6,2156	0,9654	0,01397
6,2283	1,721	0,01433
6,2330	3,316	0,01474
6,2241	1,079	0,01428
6,2320	2,575	0,01420

Den kraft, varmed magnetfältet åverkat provet, har sålunda ej undergått några större förändringar, som kunna härröra från tellurens olika struktur, varför susceptibiliteten således kan anses vara oberoende av strukturen.

Av de båda bestämningarna är den första gjord med största noggrannheten.

3. Absoluta bestämningar på mangansulfid, vatten och lösningar av holmiumsalter.

Då vid dessa bestämningar hela tiden samma avstånd mellan polskorna har använts och endast tre fältstyrkor kommit i fråga, nämligen de som erhållas av 15, 10 och 7,5 ampères ström i elektromagneten, skall jag först meddela en del siffror från bestämningarna av dessa fält. Vid dessa försök har också samma glasrör att upptaga substansen använts, varför den kraft, varmed magnetfältet inverkar på glasrör och gehäng vid given fältstyrka, alltid var densamma. Substansen, som skulle undersökas, har alltid fyllts till samma höjd i röret.

Bestämningarna av fältet tillgick på samma sätt som förut beskrivits. Den rörliga skivans förskjutning mättes före och efter bestämningen av varje fältstyrka. Vid varje mätning gjordes liksom förut tio inställningar. De fyra mätningar, som gjordes vid bestämningarna av styrkan i fältets mitt, gåvo följande värden på förskjutningen:

10,3921 mm.
10,3893 „
10,3891 „
10,3864 „

Härav medelvärdet 1,0389 cm., som kan användas för alla bestämningarna.

Efter bestämningen av fältstyrkan i fältets övre del var förskjutningen 1,0397 cm. Då skillnaden endast är en pro mille, användes det förra värdet.

Den yta, som förut kallats S', blir sålunda 25,205 cm^2.

I följande tabell äro galvanometerutslagen från bestämningen av magnetfälten vid de olika strömstyrkorna samlade.

Tabell 8.

15 amp.				10 amp.				7,5 amp.		
H		H_1		H		H_1		H		H_1
α	β	α_1	β_1	α	β	α_1	β_1	α	β	α_1
63,7	64,2	5,5	5,5	49,2	49,9	4,3	4,4	40,7	40,1	3,8
63,7	64,5	5,3	5,4	49,4	50,0	4,4	4,4	40,6	40,3	3,7
63,8	64,4	5,5	5,4	49,3	49,9	4,4	4,3	40,9	40,3	3,8
63,8	64,5	5,3	5,5	49,5	49,9	4,3	4,4	40,8	40,4	3,7
63,8	64,5	5,5	5,4	49,5	50,0	4,4	4,5	40,6	40,4	3,7
63,8	64,5	5,4		49,5	49,9			40,7	40,3	
63,8	64,6	5,4		49,6	49,9			40,7	40,4	
63,8	64,3	5,3		49,2	49,9			40,7		
63,8	64,5	5,3		49,5				40,7		
63,9	64,4	5,3		49,6				40,7		
63,79	64,44	5,38	5,44	49,43	49,93	4,36	4,4	40,71	40,31	3,74

I nedanstående tabell äro värdena på I_1 och I för bestämmandet av β och β_1 i de olika fallen angivna.

Tabell 9.

Matningsström	β		β_1	
	I_1	I	I_1	I
15	0,950	0,9440	0,080	0,07955
10	0,740	0,7335	0,065	0,06447
7,5	0,60	0,5939		

Vid bestämningen av H_1 vid 7,5 ampère användes samma ballistiska konstant (C_1) som vid 10 ampères.

Av dessa värden fås följande fältstyrkor:

vid 15 ampère $H = 2199{,}7$ C. G. S. $H_1 = 185{,}2$ C. G. S. (I)
„ 10 „ $H = 1709{,}3$ „ $H_1 = 150{,}4$ „ (II)
„ 7,5 „ $H = 1411{,}9$ „ $H_1 = 129{,}0$ „ (III)

De romerska siffrorna beteckna de olika fallen.

Då vid alla försök röret fylldes till den övre ritsan med det ämne, som skulle undersökas, bestämdes rörets volym till denna ritsa. Fyra vägningar vid 18° temp. av vatten till denna höjd gåvo

19,8237 gr.
19,8542 „
19,8314 „
19,8548 „ ,

varav medelvärdet 19,8410. Glasrörets volym vid 18° var 19,889 cm^3.

Då det tomma glasröret var upphängt i vågen, motsvarades en skaldels utslag av 0,1515 mg. Var röret fyllt till övre strecket med vatten, var känsligheten 0,15268 mg.

Fältets inverkan i fall I på det tomma glasröret erhölls genom 14 vägningar vara 0,254 mg., i fall II genom 10 vägningar vara 0,147 mg. och i fall III genom 10 vägningar vara 0,083 mg. Glasröret är diamagnetiskt.

Mangansulfid.

Den i röret uppvägda mangansulfidens vikt var 19,3276 gr., varav dess specifika vikt 0,972.

I fall I erhölls som medelvärde av 9 vägningar ett utslag på + 0,158 skaldelar vid 274,0 mg. belastning, varav kraften 0,27426 gr.

Insättas värdena i $\varkappa_s = \frac{2Pg}{S(H^1 - H_1^2)\varrho}$, där ϱ är spec. vikt, erhålles $\varkappa_s = + 64{,}80 \cdot 10^{-6}$ C. G. S.

Tas hänsyn till luftens susceptibilitet, som är $+ 0{,}027 \cdot 10^{-6}$ C. G. S., är $\varkappa_s = 64{,}83 \cdot 10^{-6}$ C. G. S.

I fall II erhölls som medelvärde av 10 vägningar + 1,77 skaldelars utslag vid 165,0 mg. belastning, varav kraften 0,16542 gr. Med hänsyn tagen till luftens inverkan fås

$$\varkappa = 64{,}80 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Vatten.

Bestämningar på vatten gjordes vid alla tre fältstyrkorna och vid en medeltemperatur av 18,5°.

Härvid erhölls:

I kraften 3,306 (± 0,026) mg. och $\varkappa = 0{,}759 \cdot 10^{-6}$ C. G. S.
II kraften 1,962 (± 0,014) mg. och $\varkappa = 0{,}747 \cdot 10^{-6}$ „
III kraften 1,343 (± 0,018) mg. och $\varkappa = 0{,}750 \cdot 10^{-6}$ „

I parenteserna äro resultatens medelfel angivna.

Hänsyn till luftens inverkan har ej tagits.

Holmiumnitrat och holmiumklorid.

För att göra bestämningar på olika mycket utspädda lösningar av holmiums salter, utgick jag från en bestämd vikt holmiumoxid, som upplöstes i den syra, varav salt skulle erhållas. Sedan överskott av syra avdunstat på vattenbad, utspäddes och vägdes lösningen, varav en del uppvägdes i röret. Sedan bestämningen av susceptibiliteten gjorts, tömdes röret och sköljdes med destillerat vatten, som sedan hälldes till lösningen för att utspäda denna. Röret torkades härefter med alkohol och eter. Den utspädda lösningen vägdes, och av den-

samma uppvägdes en viss kvantitet i röret, varefter på nytt susceptibiliteten bestämdes.

Av holmiumnitrat gjordes bestämning på sex och av holmiumklorid på fem olika mycket utspädda lösningar. Vid bestämningarna användes alla tre fältstyrkorna.

Som exempel tas bestämningen vid 15 ampères matningsström, d. v. s. fall I, på första utspädningen av holmiumnitrat.

Den uppvägda mängden Ho_2O_3 var 2,2963 gr. Om atomvikten för Ho 163,5, väger det därav erhållna $Ho(NO_3)_3$ 4,2817 gr. Den utspädda lösningen vägde 24,9706 gr., varav i glasröret uppvägdes 22,9721 gr. I glasröret fanns således 3,9390 gr. $Ho(NO_3)_3$ och 19,033 gr. H_2O. Samma volym vatten vägde, som förut angivits, 19,841 gr., varav spec. vikten $\varrho = 1{,}1560$.

Den kraft, varmed lösningen neddrages i fältet, bestämdes genom elva vägningar och befanns vara 111,70 mg.

Härav erhålles

$$\varkappa_{sl} = 22{,}19 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Därefter bestämdes $\varkappa_{sl}$ i fälten II och III och befanns vara $22{,}21 \cdot 10^{-6}$ och $22{,}39 \cdot 10^{-6}$ i respektive fält, varav medelvärdet 22,26 mot vakuum. Medeltemperaturen under de tre försöken var 17,8° och således $\varkappa$ för vatten $0{,}7191 \cdot 10^{-6}$.[1] Då susceptibiliteten är en additiv storhet, erhålles den specifika susceptibiliteten för $Ho(NO_3)_3$ ur uttrycket

$$\frac{3{,}939}{22{,}972}\varkappa_s - \frac{19{,}033}{22{,}972} \cdot 0{,}7191 \cdot 10^{-6} = 22{,}26 \cdot 10^{-6},$$

vilket ger

$$\varkappa_s = 133{,}29 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

I följande tabell äro uppgifter och resultat från bestämningarna på $Ho(NO_3)_3$ införda. Under ϱ återfinnas lösningarnas

[1] Jfr Inledningen sid. 8.

spec. vikt. I kolumnerna två, tre och fyra äro angivna antalet gr. salt, gr. Ho och grammolekyler $Ho(NO_3)_3$ på varje gram lösning. Under t återfinnas medeltemperaturerna vid de olika försöken. P anger medelvärdet på kraften, erhållet genom tio vägningar. Spec. susceptibiliteten hos lösningen är angiven under $\varkappa_{sl}$; värdena äro ej korrigerade för luft. Under $\varkappa_s$ är specifika och under $\varkappa_a$ atomsusceptibiliteten anförda, vilka äro angivna mot vakuum. Med n har betecknats antalet magnetoner, som enligt den Weiss'ska teorien skulle ingå i en atom holmium.

Tabell 10.

Lösning av $Ho(NO_3)_3$.

ϱ	10^3 gr. salt pr gr. lösning	Ho pr gr. 10^4	Mol $Ho(NO_3)_3$ pr gr. 10^6	Fält	t	P i mg.	$\varkappa_{sl}$ 10^6	t	$\varkappa_s$ 10^6	$\varkappa_a$ 10^5	n
1,156	171,47	801,88	49,044	I	18,1	111,70	+ 22,19				
»	»	»	»	II	17,8	67,51	22,22	17,8	133,3	4666	51,78
»	»	»	»	III	17,55	46,18	22,30				
1,0787	93,042	435,11	26,612	I	17,6	54,68	11,64				
»	»	»	»	II	18,35	33,09	11,67	18,2	132,7	4644	51,69
»	»	»	»	III	18,5	22,58	11,68				
1,0252	33,558	156,94	9,598	I	17,9	16,67	3,734				
»	»	»	»	II	18,8	10,02	3,719	18,3	132,5	4640	51,68
»	»	»	»	III	18,2	6,84	3,724				
1,0049	12,157	56,86	3,477	I	18,4	3,75	0,857				
»	»	»	»	II	17,2	2,35	0,890	17,4	132,4	4636	50,58
»	»	»	»	III	16,4	1,57	0,872				
0,9988	3,477	16,26	0,995	I	18,0	1,24	— 0,285				
»	»	»	»	II	17,4	0,75	0,286	17,6	131,9	4617	51,49
»	»	»	»	III	17,25	0,51	0,285				
0,99856	0,8668	4,054	0,248	I	18,3	2,72	0,625				
»	»	»	»	II	18,35	1,63	0,621	18,3	122,1	4275	49,61
»	»	»	»	III	18,3	1,20	0,672				

Följande tabell är uppställd lika som den föregående med samma beteckningar och utgör sammanställning av bestämningarna på $HoCl_3$.

Tabell 11.

Lösning av $HoCl_3$.

ϱ	Gr. salt per gr. lösning 10^3	Ho per gr. 10^4	Mol. $HoCl_3$ per gr. 10^5	Fält	t	P i mg.	$\varkappa_{sl}$ 10^6	t	$\varkappa_s$ 10^6	$\varkappa_a$ 10^5	n
1,1230	123,66	749,25	45,826	I	17,00	100,92	+ 20,64				
»	»	»	»	II	16,79	60,79	20,60	16,8	172,2	4652	51,62
»	»	»	»	III	16,66	41,57	20,66				
1,0219	29,756	180,28	11,027	I	16,35	19,754	4,44				
»	»	»	»	II	15,66	11,829	4,41	16,0	172,9	4672	51,66
»	»	»	»	III	15,88	8,080	4,41				
1,0038	9,143	55,40	3,388	I	16,30	3,762	0,861				
»	»	»	»	II	17,43	2,286	0,867	17,0	174,9	4727	52,05
»	»	»	»	III	17,40	1,533	0,852				
1,0020	2,739	16,60	1,015	I	17,96	1,290	— 0,296				
»	»	»	»	II	17,72	0,688	0,261	18	171,7	4639	51,65
»	»	»	»	III	18,20	0,475	0,265				
0,99856	0,905	5,483	0,3354	I	18,85	2,622	0,603				
»	»	»	»	II	18,98	1,586	0,604	18,9	168,3	4547	51,21
»	»	»	»	III	18,93	1,025	0,573				

4. Holmiumoxid.

För bestämningar på pulverformiga ämnen använde jag ett glasrör, vars inre diameter var mellan 0,5 och 0,6 cm. på en längd av omkring 10 cm., och vars övre del hade en diameter av omkring 1 cm. Röret var försett med glaspropp.

Vid dessa bestämningar, som lämpligast gjordes relativa, var min mening att använda vatten som jämförelseämne, då

vattnets susceptibilitet är noga känd. Emellertid visade det sig, att den kraft, varmed fältet åverkade vattnet, var så liten, att endast mycket osäkra värden kunde fås. Efter försök med flera olika pulverformiga substanser beslöt jag mig för att använda mangansulfid, emedan detta ämne var lätt att packa i röret så, att det vid olika hård packning gav samma värde på susceptibiliteten. Bestämningen av dess susceptibilitet, som förut omtalats, gav i medelvärde $64{,}83 \cdot 10^{-6}$ C. G. S. mot vakuum.

Vid den belastning av vågen, som här kom ifråga, gav 2 mg. överbelastning på vänster sida i medeltal ett utslag av 12,81 skaldelar. En skaldels utslag motsvarade således 0,154 mg.

Storheten $\frac{\varkappa^0}{d_{11}}$ (i formel 4), som knappt inverkar på resultatet, har satts lika med 0,02. För holmiumoxid kan $\frac{\varkappa^0}{d_1}$ försummas.

Förhållandet mellan de båda pulvrens specifika vikter $\left(\frac{\varrho_{11}}{\varrho_1}\right)$ kan utbytas med förhållandet mellan de båda uppvägda mängderna, och betecknas detta förhållande i det följande med q.

Holmiumoxid (Ho_2O_3) från tre olika fraktioner undersöktes, och betecknar jag dessa, som förut nämnts, i det följande med I, II, III.

Elektromagneten matades vid dessa bestämningar med 15 ampères ström. Den kraft, varmed det tomma glasröret då sköts upp, erhölls genom åtta vägningar. Utslagens storlek var i medeltal 1,7 skaldelar, som motsvarar 0,26 mg., vilket värde gäller för bestämningarna på I och II.

Största skillnaden i utslag var 0,6 skaldelar.

Fraktion I.

Holmiumoxiden nedfördes i det väl torkade röret i små portioner och packades då och då under ihällningen, genom att glasröret sakta stöttes mot bordet. Då all oxiden införts, uppmättes oxidens höjd i röret, och var den i detta fall 80 mm. Skillnaden i rörets vikt efter och före påfyllningen var 2,3125 gr., som således utgjorde oxidens vikt.

Oxiden är starkt paramagnetisk, och pålades, då den upphängdes i magnetfältet, en motvikt av 155,8 mg. Fem vägningar gjordes, varvid följande utslag erhölls

$$-0{,}3$$
$$-1{,}0$$
$$-0{,}2$$
$$+0{,}2$$
$$+1{,}2$$

Medelvärdet var således — 0,02 skaldelar, som motsvarar — 0,003 mg., som ej behöver medtagas i beräkningen. Härav erhölls således

$$P_1 = 156{,}0 \text{ mg.}$$

Röret tömdes härefter och tvättades med salpetersyra, destillerat vatten, alkohol och eter, varpå det fylldes till samma höjd som förut med mangansulfid. Vid påfyllningen gicks till väga på samma sätt som för oxiden.

Sulfiden vägde 2,4492 gr., varav

$$q = 1{,}0591.$$

Röret upphängdes åter i magnetfältet, och pålades en motvikt mot den magnetiska kraften av 43 mg. Tre vägningar gav i utslag + 2,4, + 0,7 och 0,5 skaldelar, eller i medeltal + 1,2 skaldelar, vilket motsvarar en kraft på 0,185 mg.

Kraften på glasröret var 0,26 mg., som skall läggas till, och korrektionen för ryttarskalan — 0,02 mg. Sålunda fås

$$P_{11} = 43{,}43 \text{ mg.}$$

Insättas dessa värden i formeln för $\varkappa_1$, erhålles

$$\varkappa_1 = 246{,}5 \,.\, 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Röret tömdes och fylldes med ny mangansulfid till samma höjd som förut. Sulfiden vägde 2,5210 gr., varav

$$q = 1{,}0901.$$

Tre vägningar i magnetfältet, varvid 44 mg. motvikt pålades, gav + 4,8, + 1,8 och 2,6 skaldelars utslag, således i medeltal + 3,07 skaldelar, som motsvaras af 0,47 mg. Härav erhålles med hänsyn tagen till kraften på glasröret och korrektion för skalan

$$P_{11} = 44{,}71 \text{ mg.}$$

Med dessa värden på q och P_{11} insatta i formeln erhålles

$$\varkappa_1 = 246{,}5 \,.\, 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Ytterligare ett försök gjordes med ny mangansulfid, då avsiktligt packningen gjordes mindre jämn. Sulfiden vägde denna gång 2,4728 gr., varav

$$q = 1{,}0693.$$

Vid vägningen i fältet pålades 43,4 mg. som motvikt. Vid fyra vägningar erhölls ± 0,0, — 0,4, + 1,4, + 1,1 skaldelars utslag, varav medelvärdet + 0,525 skaldelar, vilket motsvaras av 0,08 mg. Härav

$$P_{11} = 43{,}72 \text{ mg.}$$

Dessa värden insatta i formeln ge

$$\varkappa_1 = 247{,}3.10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Medelvärdet av dessa tre bestämningar skulle vara holmiumoxidens från fraktion I susceptibilitet, således:

Ho_2O_3 från fraktion I: $\varkappa = 246{,}8.10^{-6}$ C. G. S.

Fraktion II.

På oxiden från denna fraktion gjordes två bestämningar. Sedan en första bestämning gjorts, uttogs oxiden och omglödgades, varpå den ånyo hälldes i röret. I första fallet vägde den 1,9813 gr. och i andra fallet 1,9805 gr.

I första fallet erhölls följande värden

$$q = 0{,}9817 \text{ och } P_1^{\circ} = 150{,}95 \text{ mg.}, \; P_{11} = 40{,}10 \text{ mg.}$$

Härav

$$\varkappa_1 = 239{,}5.10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

I senare fallet var

$$q = 1{,}0583 \text{ och } P_1 = 144{,}15 \text{ mg.}, \; P_{11} = 41{,}42 \text{ mg.}$$

Härav

$$\varkappa_1 = 238{,}7.10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Således som medelvärde för

Ho_2O_3 från fraktion II: $\varkappa = 239{,}1.10^{-6}$ C. G. S.

I båda fallen äro krafternas medelvärden erhållna genom 4 till 6 vägningar.

Fraktion III.

På grund av, att fraktion III ej kunde erhållas samtidigt med de båda föregående fraktionerna, förflöt en rätt lång tid mellan dessa bestämningar. Elektromagneten hade under tiden något ändrats på grund av polskornas omplacering, vilket gjorde att kraften på det tomma glasröret i fältet på nytt måste bestämmas. Vid 15 ampères ström erhölls som medelvärde av åtta vägningar 1,8 skaldelars utslag, vilket motsvarar 0,28 mg. Vid 10 ampères var medelvärdet av samma antal vägningar 1,2 skaldelar eller 0,19 mg. På denna fraktion gjordes en bestämning vid 15 och en vid 10 ampères, varför även detta sista värde behövdes.

Holmiumoxidens vikt var denna gång 2,0950 gr., och q var 0,9503.

Vid 15 ampères ström var

$$P_1 = 168{,}14 \text{ mg. och } P_{11} = 42{,}14 \text{ mg.,}$$

varav

$$\varkappa_1 = 245{,}7.10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Vid 10 ampères ström var

$$P_1 = 101{,}14 \text{ mg. och } P_{11} = 25{,}74 \text{ mg.,}$$

varav

$$\varkappa_1 = 241{,}8.10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Som värde för mangansulfidens susceptibilitet antogs här $64{,}80.10^{-6}$.

För jämförelse med de övriga fraktionerna får man sätta:

Ho_2O_3 från fraktion III: $\varkappa = 245{,}7.10^{-6}$ C. G. S.

I dessa båda sista bestämningar motsvaras en minskning av fältsyrkan med 29 % av en minskning av oxidens susceptibilitet med omkring 1,6 %.

5. Ferrihydrat, Järnoxid och Brunsten.

Bestämningarna på dessa ämnen gjordes samtidigt, som jag höll på med de båda första fraktionernas holmiumoxid. Vid alla dessa bestämningar fylldes röret till en höjd av 80 mm. med pulvret. Elektromagneten matades med 15 ampères ström. Som värde på mangansulfidens vikt och kraften P' kunde därför användas samma värden som vid första bestämningen på fraktion I av Ho_2O_3. Således:

sulfidens vikt = 2,4492 gr. och $P' = 43{,}43$ mg.

På ferrihydrat gjordes fem bestämningar, för vilka q, P' och $\varkappa_1$ återfinnas i nedanstående tabell.

Tabell 12.

q	P_1 mg.	$10^{-6}\,\varkappa_1$
0,9825	86,99	127,5
0,9386	87,24	122,2
0,8712	93,16	121,1
0,9776	84,52	123,3
0,8890	92,08	125,0

Som medelvärde av dessa bestämningar fås för $Fe(OH)_3$: $\varkappa = 123{,}8.10^{-6}$ C. G. S.

För Fe_2O_3 var $q = 0{,}8830$ och $P_1 = 46{,}08$ mg. och $\varkappa = 60{,}7.10^{-6}$ C. G. S.

För M_nO_2 var $q = 2{,}7083$ och $P_1 = 9{,}23$ mg., varav $\varkappa = 37{,}3.10^{-6}$ C. G. S.

VI. Diskussion och sammanfattning.

Vatten.

De tre bestämningarna på vatten gåvo som medelvärde

$$\varkappa = -0{,}7520 \cdot 10^{-6}.$$

Detta är beräknat mot luft, men korrigeras för denna och tages dessutom hänsyn till vattnets täthet, fås

$$\varkappa_s = -0{,}7260 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Weiss' och Piccards värde vid motsvarande temperatur, d. v. s. 18,5° C., är $\varkappa_s = -0{,}7195 \cdot 10^{-6}$. Överensstämmelsen är sålunda rätt god, varför några grövre systematiska fel ej torde hava förekommit.

Kvarts.

De båda kvartspreparat, på vilka susceptibiliteten bestämdes, gåvo värdena $-1{,}097$ och $-1{,}095 \cdot 10^{-6}$ C. G. S., varför de i magnetiskt avseende måste anses lika. Tas medelvärdet av samtliga absoluta bestämningar på de båda cylindrarna fås $-1{,}0968 \cdot 10^{-6}$. Detta värdes medelfel är $\pm 0{,}002 \cdot 10^{-6}$. Härtill komma de systematiska felen, som ej kunna bestämmas. Värdets fel överstiger knappast 5 till 6 pro mille. Om man för luft sätter $\varkappa = +0{,}027 \cdot 10^{-6}$, så blir för kvarts mot vakuum

$$\varkappa = -1{,}070 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Av tabell 4 synes, att $\varkappa$ i stort sett har tilltagit med avtagande fältstyrka. Huruvida detta överensstämmer med verkligheten torde vara ovisst, men man torde dock kunna säga, att experimenten i detta fall ej stödja R. Gans' teori, enligt vilken susceptibiliteten skulle avtaga med fallande fältstyrka.

Tellur.

Försöken med tellur visa, att de omlagringar i telluren, som ske vid upphettning till viss temperatur, och som förorsaka ändringar i dess specifika vikt och elektriska ledningsförmåga, ej hava något märkbart inflytande på dess magnetiska susceptibilitet. En förändring av ledningsförmågan på 200 till 300 procent motsvaras ej av en ändring av susceptibiliteten, som överstiger 1 procent. Bestämningen av $\varkappa$ gav $-1{,}73.10^{-6}$ i luft. Korrigeras för luftens inverkan fås

$$\varkappa = -1{,}70 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.},$$

vilket värde ligger mellan de av Curie och Ettingshausen funna.

$Fe(OH)_3$, Fe_2O_3, $Mn O_2$ och Mangansulfid.

För dessa ämnen erhölls följande värden:

Substans	$\varkappa_s \cdot 10^6$
$Fe(OH)_3$	123,8
Fe_2O_3	60,7
$Mn O_2$	37,3
Mangansulfid	64,8

Holmiumföreningar.

För holmiumoxid erhölls följande värden vid en fältstyrka på omkring 3000 gauss.

Fraktion I $\varkappa_s = + 246{,}8 \cdot 10^{-6}$ C. G. S.
Fraktion II $\varkappa_s = + 239{,}1 \cdot 10^{-6}$ „
Fraktion III $\varkappa_s = + 245{,}7 \cdot 10^{-6}$ „

Felen i dessa värden borde ej mycket överskrida 1 procent. Egendomligt synes då, att fraktion II visar ett så från de övriga avvikande värde. Att fraktion III visar ett högre värde än fraktion II kan delvis förklaras genom närvaro av disprosium, vars susceptibilitet är $+ 290 \cdot 10^{-6}$. Förutom terbium, som ingår i alla fraktionerna, innehåller fraktion I erbium och fraktion II disprosium, och är fraktion I mindre förorenad av erbium än fraktion II av disprosium. Genom att antaga ett mycket högt värde av $\varkappa$ hos erbium, skulle fraktion I kunna få ett högre värde på susceptibiliteten än fraktion II. Sr. Meyer anger också ett högt värde på $\varkappa$ för erbium, nämligen 400.10^{-6}.

Som ett gott värde på holmiumoxid torde tills vidare kunna sättas

$$\varkappa_s = + 243 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Susceptibiliteten hos holmiumnitrat i lösning visade sig avtaga något med utspädningen. Om man bortser från värdet vid största utspädning, som torde vara mindre gott, erhålles som medelvärde

$$\varkappa_s = + 132{,}6 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

Hos holmiumklorid tyckas värdena av $\varkappa_s$ först tilltaga något med utspädningen och därefter något avtaga. Ändringarna av $\varkappa_s$ äro visserligen små, och kunna anses ligga inom felgränserna, men gången av förändringen påminner emellertid om de resultat, till vilka P. Philipp kommit.[1] Som medelvärde erhålles

$$\varkappa_s = + 172{,}0 \cdot 10^{-6} \text{ C. G. S.}$$

[1] Beiblätter 38, p. 1467, 1914.

Med antagande av $-19{,}0 . 10^{-6}$ för NO_3 och $-21 . 10^{-6}$ [1] för Cl som värde på molekylar- och atomsusceptibiliteten respektive har för holmium i $Ho(NO_3)_3$ och $HoCl_3$ vid olika utspädningar samma magnetontal erhållits. Medelvärdet av samtliga observationer ger

$$n = 51{,}4.$$

För Ho_2O_3 har med antagande av värdet $-4{,}8 . 10^{-6}$ [1] för syrets atomsusceptibilitet följande värden på magnetontalet hos holmium erhållits ur de olika fraktionerna:

Fraktion I $n = 51{,}4$
Fraktion II $n = 50{,}7$
Fraktion III $n = 51{,}5$

Om magnetontalet för holmium bör sättas lika med 50 eller 51 är svårt att avgöra, då preparatens förorening av närbesläktade ämnen med kanhända mycket avvikande susceptibilitet ej är känd.

[1] Weiss, Arch. des sciences phys. et nat. 31, p. 421, 1911.